International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)
Peer-Reviewed Journal
ISSN: 2349-6495(P) | 2456-1908(O)
Vol-10, Issue-1; Jan, 2023
Journal Home Page Available: https://ijaers.com/
Article DOI: https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.101.3

Characterization and Chemical Modification by Octenyl Succinic Acid (OSA) of Pitomba Starch (Talisia esculenta)

Caracterização e Modificação Química por Ácido Octenil Succínico (OSA) do Amido da Pitomba (*Talisia* esculenta)

Gleyciane Pereira Salgado, Jonas de Jesus Gomes da Costa Neto, Silvio Carlos Coelho, Delbra Brenda da Silva de Sousa, Mayra Dutra de Sousa, Leidiana de Sousa Lima, Wellem Karen Coelho Machado

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Estado do Maranhão - Campus Maracanã

Received: 01 Dec 2022,

Receive in revised form: 25 Dec 2022,

Accepted: 05 Jan 2023,

Available online: 15 Jan 2023

***Keywords*— polysaccharide, limitations, modifications, properties, food**

Palavras-chaves*— polissacarídeo, *limitações, modificações, propriedades, alimentos

Abstract *— Native starch has many restrictions in the food sector, requiring modifications to improve its properties. The objective of this work was to modify pitomba starch in order to obtain distinct properties of this biopolymer. Starch was modified with octenyl succinic acid, with subsequent physicochemical analysis. The modified starch had a degree of substitution of 0.3 and could be used as binders and thickeners. Modified starch paste showed a greater tendency to retrogradation with greater variation from the 7th day onwards, not being recommended for foods that require longer storage time. The modified starch paste proved to be opaque, applicable in puddings and ready-to-eat desserts. Modified starch showed higher water absorption capacity and lower oil absorption capacity than native starch. The modified starch was more viscous than the native one. The swelling of the granules occurred above 80°C, with emphasis on the native starch, while the modified starch was more soluble above the temperature of 80°C. A high lipid content was found in both starches. Chemical modification did not cause shift of spectral bands. It is concluded that the modified pitomba starch has great potential to be used in the food segment.*

Resumo *— O amido nativo possui muitas restrições no setor alimentício, sendo necessário modificações para melhorar suas propriedades. O objetivo deste trabalho foi modificar o amido de pitomba, a fim de se obter propriedades distintas deste biopolímero. O amido foi modificado com ácido octenil succínico, com posteriores análises físico-químicas. O amido modificado apresentou grau de substituição de 0,3 e podendo ser utilizado como ligantes e espessante. A pasta de amido modificado apresentou maior tendência à retrogradação com maior variação a partir do 7º dia, não sendo recomendada para alimentos que demandem maior tempo de armazenamento. A pasta de amido modificada mostrou-se opaca, aplicável em pudins e sobremesas prontas. O amido modificado apresentou maior capacidade de absorção de água e menor capacidade de absorção de óleo do que o amido nativo. O amido modificado*

apresentou-se mais viscoso que o nativo. O inchamento dos grânulos ocorreu acima de 80°C, com destaque para o amido nativo, enquanto o amido modificado foi mais solúvel acima da temperatura de 80°C. Um alto teor de lipídeo foi verificado em ambos amidos. A modificação química não ocasionou deslocamento das bandas espectrais. Conclui-se que o amido modificado de pitomba apresentou grande potencial para ser utilizado no segmento alimentício.

I. INTRODUCÃO

A pitomba (Talisia esculenta) é uma fruta comestível nativa da Amazônia, possui formato ovaloide, com casca marrom de fácil remoção para o consumo de sua polpa. Seu consumo é realizado principalmente in natura e encontrado para venda em mercados regionais (FRAGA & CARVALHO, 2019; SILVA, 2016).

O amido é a principal fonte de carbono e reserva de energia das plantas. Após a celulose, é o segundo biopolímero mais abundante existente na natureza, constitui a maior parte dos carboidratos digestíveis da dieta humana. (BORSATO, 2019).

Apesar de ser amplamente encontrado na natureza, os amidos nativos muita das vezes não são adequados para processamento específico, pois hidratam facilmente, intumescem rapidamente, rompem-se, perdem viscosidade e produzem uma pasta pouco espessa, bastante elástica e coesiva. Então, torna-se necessário modificar o amido nativo para se obter características desejáveis aos alimentos. (MENDES, 2011).

Em meio a diferentes tipos de modificações, destaca-se a modificação química por succinilação. O amido modificado por succinilação tem suas propriedades físico-químicas alterada, fator desejável para inúmeras aplicações industriais, como por exemplo, em produtos alimentares e não alimentares como excipientes de fármacos, em indústrias têxteis e de papel (SANTOS, 2013).

Diante do exposto, esse estudo tem como objetivo a modificação do amido nativo do caroço de pitomba (Talisia esculenta) utilizando o ácido octenil succínico (OSA) visando novas aplicabilidades no setor alimentício.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Extração do Amido do Caroço de Pitomba (Talisia esculenta)

O processo de extração do amido foi realizado conforme o procedimento descrito por Guraya et al. (2004). Os caroços foram sanitizados com uma solução de 10% de hipoclorito de sódio e posteriormente secos em uma estufa a 50° C por 48h. Após a sanitização, 500g de caroços foram levados em suspensão com 1,05ml de bissulfito de sódio por 48h (Sigma-Aldrich CO., MO, USA). Os caroços foram moídos em um processador e posteriormente passado em uma peneira de 212 mm/µm e levado para a centrifugação por 10 minutos, sendo descartado o sobrenadante. O amido obtido, foi seco em uma estufa a 35° por 48°h.

2.2 Modificação Química do Amido de Pitomba (Talisia esculenta) por Ácido Octenil Succínico.

A modificação totalizou 4h a 35°C em banho-maria com agitação, conforme os procedimentos de Song et al. (2006), utilizando 0,21g de ácido octenil succínico (OSA) na proporção 1:3 com álcool etílico absoluto. Com sete gramas do amido extraído, suspendeu-se em 20ml de água deionizada. No início da succinilação o pH foi ajustado para 8,5 com hidróxido de sódio (NaOH) (0,1 M).

Uma quantidade de 90 µL da solução de OSA foi adicionada a cada 15 minutos durante as duas primeiras horas, já nas duas horas seguintes, houve somente o ajuste do pH de 20 em 20 minutos. No término da reação, o pH foi ajustado para 6,5 com uma solução de ácido clorídrico 3% (HCl) (p/p). A mistura foi centrifugada a 1232,6 g por 10 minutos e lavada com álcool etílico 70%. O sobrenadante foi descartado e posteriormente o resíduo sólido foi seco em uma estufa a 35°C por 48h.

2.3 Determinação do Grau de Substituição (GS) do Amido do Caroço de Pitomba Modificado.

Para determinar o GS, foi realizado uma titulação alcalina, conforme o procedimento descrito por Kweon et al. (2001). Inicialmente, 1g do amido modificado foi colocado em suspensão com 25 ml de uma solução 2,5 mol. L-1 de ácido clorídrico diluído em álcool isopropílico, sob agitação por 30min. A dispersão foi filtrada (papel de filtro) em um funil de separação a vácuo e o resíduo lavado com 100 ml de álcool isopropílico. Posteriormente, o retido foi disperso em 300 ml de água deionizada e levado para o aquecimento em banho-maria por 20min, para a gelatinização do grânulo. A dispersão foi titulada com uma solução de 0,1 mol. L-1 de hidróxido de sódio (NaOH) e o grau de substituição foi determinado de acordo com a equação 1.

$$GS = 0{,}162 \times (A \times N/p) \,/\, 1 - [0{,}101 \times (A \times N/p)] \quad (1)$$

Onde: A = volume de NaOH utilizado na titulação;

N = normalidade da solução de NaOH;

P = peso do amido seco.

2.4 Claridade de Pasta e Tendência a Retrogradação 4

A claridade de pasta foi determinada por transmitância (T%), conforme descrito na metodologia de Pereira (2012). Foram pesados 0,1g do amido nativo e modificado, e em seguida suspensos em 10mL de água destilada em tubos de ensaios. Os tubos foram levados em banho-maria fervente(100°C) com ocasional agitação, durante 30 minutos.

A porcentagem de transmitância foi determinada em espectofotômetro digital Bel Modelo®: 2000 UV. Para monitorar a tendência de retrogradação, as amostras foram estocadas por 24 horas a 5°C para nucleação, logo após esse tempo permaneceram a 30°C por 6 dias para determinação da transmitância nos dias 1,2,5,7,8 e 9.

2.5 Capacidade de Absorção de Água e Óleo

A capacidade de absorção de água e óleo foi utilizada a metodologia descrita por Pereira (2012). Em tubos de ensaios com 10 ml de óleo de soja comercial, foram adicionados 1g da amostra de amido nativo e modificado. A suspensão foi homogeneizada durante 30 segundos e depois deixada em repouso por 30 minutos. Em seguida foram centrifugados por 1 minuto e 30 segundos. As paredes externas dos tubos foram secas e os tubos pesados. A massa do óleo absorvido foi expressa em g/100g de amido em base seca de acordo com a equação 2:

CA= (peso do tubo após centrifugação) – (peso do tubo + amostra seca) (2)

2.6 Viscosidade

Para determinar a viscosidade, utilizou-se a metodologia de Yamauchi & Almeida (2014). Foram preparadas duas suspensões, uma com 5g de amido nativo e outra com 5g amido modificado. Em seguida, foram adicionados 100mL de água destilada e as amostras homogeneizadas. A medida de viscosidade foi realizada no viscosímetro Copo Ford n°4, onde a suspensão foi despejada no copo até o seu nível máximo, com o orifício de escoamento fechado. Em seguida o escoamento foi liberado com consequente acionamento do cronômetro para avaliação do tempo de escoamento. Observou-se o filete da amostra que escoou até a primeira interrupção com consequente suspensão do cronômetro.

O tempo decorrido desde a liberação do escoamento até a interrupção do filete foi o valor da viscosidade medida em segundos. A viscosidade foi determinada de acordo com a Equação 3:

Viscosidade= [(3,846x T) - 17,3] x d (3)

Onde: T= Tempo de escoamento em segundos

d= densidade

2.7 Poder de Intumescimento (PI) e Índice de Solubilização (IS) dos Grânulos

Para determinar o PI e o IS adotou-se a metodologia descrita por Leach et al. (1959), com modificações. Colocou-se em suspensão 1,25g de amido nativo e modificado em 15 ml de água destilada. As suspensões foram colocadas em banho termostático, nas seguintes temperaturas: 40, 50, 60, 70 e 80°C, por 30 minutos. Realizou-se a homogeneização das suspensões a cada 5 minutos. Na etapa seguinte, as suspensões foram centrifugadas a 91g por 10 minuto e o sobrenadante colocado em cadinhos, sendo posteriormente secos em banho maria fervente (100°C) por 1 hora. O amido sedimentado no tubo da centrífuga e o cadinho com o sobrenadante foram pesados, e para a determinação do PI e IS, utilizou-se as equações 4 e 5, respectivamente:

P.I (g.g-1) = PRC/ PA- PRE (4)

I.S (%) = PRE/ PA x 100 (5)

Onde: PRC = Peso do resíduo da centrifugação em gramas;

PA = Peso da amostra em gramas;

PRE= Peso do resíduo da evaporação em gramas.

2.8 Caracterização Físico-Química do Caroço da Pitomba

2.8.1 Lipídeo

A determinação do percentual de lipídeos nas amostras foi realizada pesando-se 3,5 g das amostras de amido modificado e nativo, sendo posteriormente colocadas em filtro de papel. Extraiu-se em aparelho de Soxhlet, utilizando o solvente Éter de petróleo por três horas. Ao término, colocou-se o balão com resíduo na estufa a 105 °C para evaporar o solvente restante. Esfriou-se em dessecador até a temperatura ambiente e pesou-se. O teor de lipídeos foi determinado conforme a equação 6:

LIPÍDEOS (%) = PL x 100/ P (6)

PL = Peso do balão com gordura – Peso do balão antes da extração

P = peso da amostra.

2.9 Espectroscopia dos Amidos em Infravermelho (FT-IR)

Para a análise de FTIR, o espectro foi coletado empregando o módulo de ATR, em um espectrômetro de infravermelho com transformada de Fourier, em um intervalo de comprimento de onda de 4000-500 cm^2. (Shimadzu IR Affinity-$^{-1}$). Realizado em Spectrum 100, da Nicolet ®, Modelo Nexus 470 FT-IR. O microdisco foi contruído utilizando a técnica do disco prensado com a

maceração de KBr, juntamente com uma pequena quantidade de amostra.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Grau de Substituição

O grau de substituição para o amido de pitomba modificado foi de 0,3. Ferraz et al. (2014) utilizando o amido modificado extraído do resíduo do processamento agroindustrial da manga, com a metodologia similar a este trabalho, encontrou o valor de GS de 0,04. Já Mendes (2011), utilizando o amido da amêndoa da manga, encontrou um valor de 0,006.

Um GS elevado depende do conteúdo de amilose, tempo e condições da reação. (FERRAZ et al. 2014). Almeida (2012), reporta que a adição de alto GS aos succinatos, torna o amido solúvel em água fria, possuindo baixa temperatura de gelificação, o que favorece o uso desse amido como ligantes e espessantes em alimentos. Feira (2010), afirma que quanto mais alto o grau de substituição maior a estabilidade térmica e propriedades do amido modificado.

3.2 Claridade de Pasta e Tendência a Retrogradação

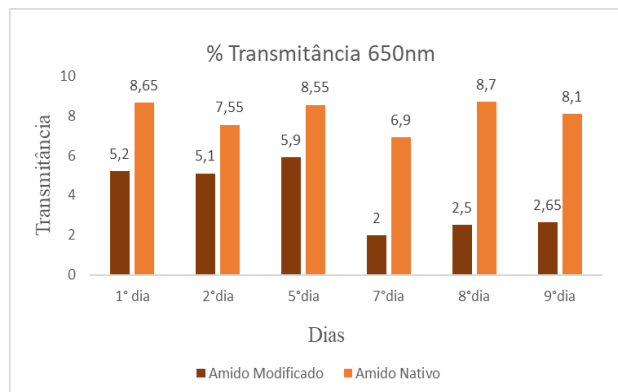
A Fig. 1 expõe os resultados para claridade de pasta e tendência a retrogradação, do amido nativo e succinilado do caroço da pitomba.

Fonte: Autora (2022)

Fig. 1- Transmitância do amido nativo e succinilado do caroço de pitomba

Os valores de transmitância observado na Fig. 1, revela que a pasta de amido modificado apresenta maior tendência a retrogradação quando comparado à pasta de amido nativo, com uma maior variação a partir do 7° dia.

De acordo com Pereira (2012), o amido da batata-doce nativo e modificado por succinilação, apresentou diminuição da transmitância, no decorrer dos dias em ambos os amidos estudados. Desta maneira evidenciou a tendência à retrogradação, corroborando com o presente estudo. Conforme Campos et al. (2014), o amido do Feijão Andú nativo e modificado por succinilação, apresentou transmitância constante no amido nativo, no decorrer dos dias, com diminuição nos dias 7 e 8, o que demonstrou baixa tendência à retrogradação. Já para o amido modificado, observou-se declínio da transmitância no 9º dia de análise, resultados semelhantes a este estudo.

Mendes (2011), reporta que fatores como presença de fibras, lipídeos e pigmentos, podem diminuir a transparência das pastas de amidoato esse que pode explicar a redução da transparência no amido do caroço da pitomba.

3.3 Capacidade de Absorção de Água (CAA) e Óleo (CAO)

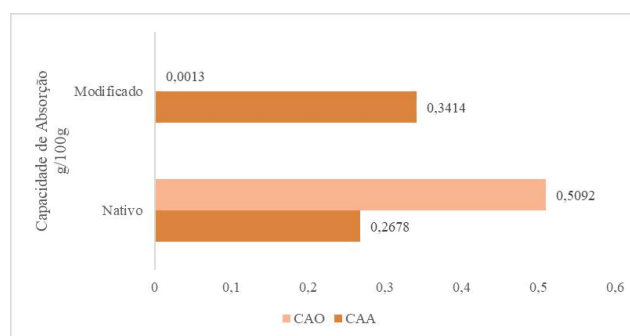
A Fig. 2 apresenta os resultados sobre a capacidade de absorção de água e óleo do amido modificado e nativo do caroço da pitomba

Fonte: Autor (2022).

Fig. 2- Capacidade de absorção de água (CAA) e óleo (CAO) do amido nativo e modificado do caroço da pitomba.

Observa-se que o amido modificado apresentou maior capacidade de absorção de água (CAA) quando comparado ao nativo, em contrapartida os valores de absorção de óleo (CAO) diminuiu com a modificação. Os autores Pereira (2012), Brasileiro (2006) e Lawal (2004), analisando o amido da batata-doce, amido de inhame e amido de milho híbrido respectivamente, todos modificados por succinilação, obtiveram resultados semelhantes com o presente estudo. Afirmam que o amido modificado apresentou maior CAA, quando comparado ao nativo, enquanto que o amido nativo aprensentou maiores valores de CAO, quando comparado ao modificado. Lawal (2004) afirma que as cadeias longas do grupo substituinte, por exemplo, o succinil, podem ter prejudicado a absorção do óleo.

A causa do aumento da capacidade de absorção de água nos amidos modificados por succinilação se relaciona com introdução de grupos funcionais volumosos de succinil. No entanto a longa cadeia de substituintes succinil hidrofílicos assim como a presença de substâncias contaminantes, provavelmente prejudicam a absorção de óleo no amido

succinilado. (ARAÚJO, 2008; MENDES, 2011; ALMEIDA, 2012).

3.4 Viscosidade

Em relação a viscosidade dos amidos estudados, encontrou-se um valor de 16,03cp para o amido nativo e 16,33cp para o amido modificado. O tempo de viscosidade das duas amostras de amido, foram de nove segundos (9s). Os dois amidos não possuem diferença significativa entre os valores encontrados, porém, é possível observar que o amido modificado possui maior viscosidade em relação ao amido nativo.

São escassos os trabalhos envolvendo análise de viscosidade em solução de amidos, utilizando o equipamento Copo Ford. Esse fato, dificulta resultados comparativos previsto na literatura.

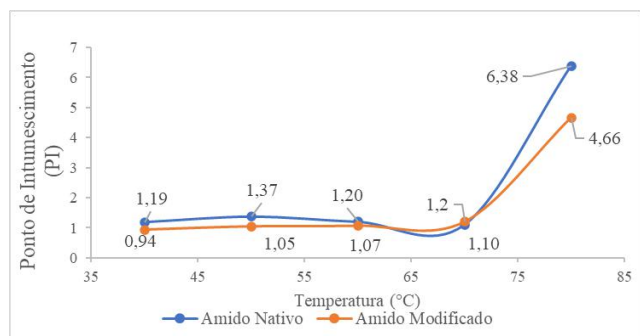
3.5 Poder de Intumescimento (PI) e Indíce de Solubilização dos Grânulos (IS) Os valores do poder de intumescimento e solubilidade do amido nativo e modificado do caroço da pitombaestão expressos na Figura 3 e 4

Fonte: Autor (2022).

Fig. 3- Poder de intumescimento (g.g-1) do amido de pitomba nativo e modificado por succinilação.

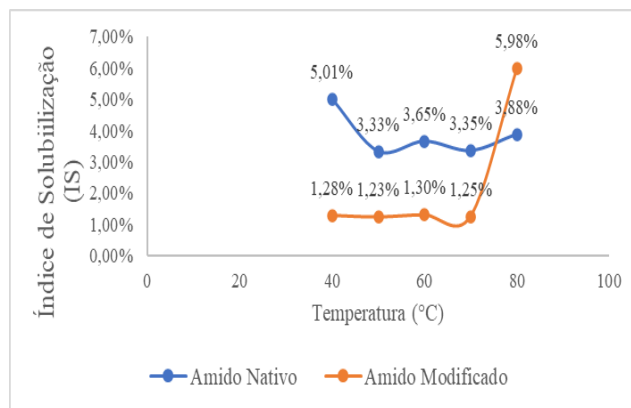
Por meio da Fig. 3, pode-se observar que até a temperatura de 70°C os valores de PI se mantém constantes sem muitas alterações, porém, acima de 80°C houve um expressivo aumento do PI. Pereira (2012) estudando o amido modificado de batata-doce, encontrou aumento do PI a uma temperatura de 95°C, com resultados semelhantes ao presente estudo, tem-se o de Adebowale (2005), que utilizou o amido da fruta-pão, em que observou um de PI a partir de 80°C. O valor baixo de PI observado nesse trabalho, pode estar atribuído à presença de lipídeos, que formam um complexo estável com a amilose, avalia-se também o grupo carboxílico dos ácidos graxos que dificulta ou impede o instumescimento. (MENDES, 2011).

Fonte: Autor (2022).

Fig.4- Índice de solubilização dos grânulos (%) do amido de pitomba nativo e modificado por succinilação.

Conforme a Figura 4, observa-se que o amido modificado obteve um índice de solubilização menor quando comparado ao amido nativo, porém, na temperatura de 80°C é possível observar um pico, constatando-se que nessa temperatura o amido modificado tornouse mais solúvel que o nativo. Cereda e Leonel (2002), estudando o amido de mandioca, observou uma elevada solubilidade a partir de 70ºC. Essa reação acontece porque amidos ricos em amilose mostram solubilidade restrita, mesmo após um período prolongado de aquecimento.

Mendes (2011) analisando o amido da amêndoa da semente da manga, observou que o amido modificado por succinilação expressou solubilidade menor do que o amido nativo, corroborando com este estudo.

3.6.1 Lipídio

O amido modificado do caroço da pitomba, apresentou um teor de amido de $1,48g.100g^{-1}$, e o amido nativo $9,7 g.100g^{-1}$. É possível encontrar na literatura valores próximos ao encontrado no presente estudo com o amido modificado, como o de $1,25g.100g^{-1}$ em amido de taro encontrado por Almeida (2012) e de $1,52 g.100g^{-1}$ em amido de milho relatado por Alexandrino (2006).

Almeida (2012), afirma que o lipídeo se trata de um componente interferente no amido, tendo em vista que uma das suas principais caraceterísticas é a formação de complexo com a amilose, como pode ter ocorrido nos valores de claridade de pasta e o poder de intumecimento, observado neste estudo.

3.7 Espectroscopia dos Amidos em Infravermelho (FT-IR)

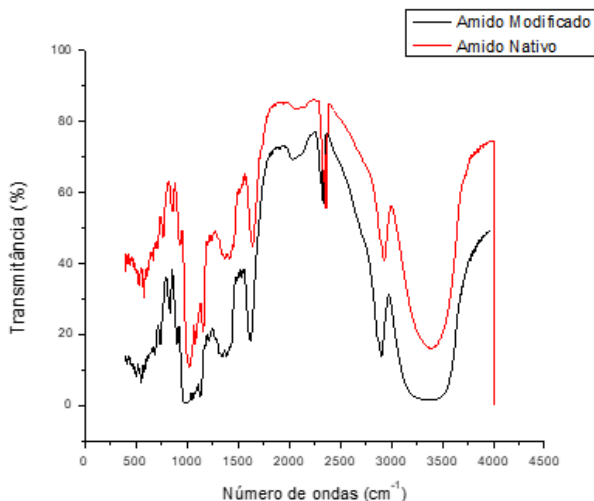
Os dados obtidos na Fig. 4, apresenta os resultados da análise de espectroscopia em infravermelho.

Fonte: Autor (2022).

Fig.4- Espectros de absorção na região do infravermelho do amido do caroço da pitomba.

O amido foi caracterizado por meio de espectroscopia na região do infravermelho, no qual é possível observar as principais bandas características deste polissacarídeo. O pico observado nas bandas fortes de 3000 a 3500 cm^{-1}corresponde ao estiramento e deformação angular de ligações –OH da H2O. Na literatura é comum encontrar picos semelhantes para biopolímeros, como no caso de Halal (2014), com pico na banda de 3000-3600 cm-1 estudando o amido modificado obtido da cevada e Costa Neto (2017), com o amido de junça com bandas fortes de 3000 a 3500 cm^{-1}, resultado semelhante ao presente estudo.

É possível analisar pico nas bandas 1.015,77 cm^{-1}, próximo às bandas na região 1000 a 1200 cm^{-1}. As bandas na região 1000 a 1200 cm-1 são consideradas bandas características do amido e são atribuídas a vibrações de deformação axial de C-O em álcoois e as vibrações de deformação axial do sistema O-C-O. Constata-se que não houve diferença entre os resultados de amido nativo e modificado, uma vez que ambos apresentaram picos na mesma região, corroborando com a preservação da característica do amido.

IV. CONCLUSÃO

O amido modificado da pitomba se mostrou como um grande potencial a ser utilizado no seguimento alimentício, podendo ser aplicado em alimentos como: Espessantes e ligantes; pudins e sobremesas prontas, produtos fritos proporcionando crocância. Porém, por conta da tendência a retrogradação, é recomendável sua aplicação em alimentos que não demandem maior tempo de estocagem.

REFERÊNCIAS

[1] ADEBOWALE, Kayode Oyebode et al. Propriedades funcionais do amido de fruta-pão (Artocarpus artilis) nativo, modificado física e quimicamente. (2005). Culturas e produtos industriais , v. 21, (3), 343-351.

[2] ALMEIDA, E. C. (2012). Amido modificado de taro (Colocasia esculenta L. Schott).: Propriedades funcionais. (Tese de Doutorado). Universidade Federal da Paraíba João Pessoa, Brasil.

[3] ALMEIDA R (2014) . Análise do tempo de escoamento de suspensões aquosas de amidos de milho nativo e modificados de milho ceroso em viscosímetro Copo Ford. (TCC-Monografia). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Brasil.

[4] ARAUJO V. Q. (2008). Propriedades funcionais e térmicas do amido de batata-doce (ipomoea batatas l.) nativo e modificado quimicamente. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil.

[5] BORSATO, M. de P. (2019) Amido de trigo mourisco (Fagopyrum esculentum): obtenção, modificação por tratamento com calor e baixa umidade e caracterização (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, Brasil.

[6] BRASILEIRO O. L. (2006). Comparação das propriedades funcionais de amido de inhame (Dioscorea cayennensis) nativo e modificado por acetilação e succinilação. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil.

[7] CAMPOS, A. P. P.; JUNIOR, Nelson Pereira Silva; SÁ, Fábia Maria Fábia Pereira (2014). Propriedades Funcionais do Amido do Feijão Andú (Cajanus Cajan l.) Nativo e Modificado por Succinilação. Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente, v. 5, (1), 99-112.

[8] CEREDA, M.P.; LEONEL, M. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. (2002). Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.22, (1), 65-69.

[9] COSTA NETO, J. de J. G da. (2017). Extração, modificação e caracterização do amido de junça (cyperus esculentus): aplicação no microencapsulamento do extrato fluido de junça por liofilização. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

[10] FEIRA, C. M. J. (2010). Obtenção de polieletrólito polimérico a partir da modificação química de amido de mandioca. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

[11] FRAGA, N.L & CARVALHO, M. M. I. (2020) Talisia esculenta Radlk: características físicas-químicas, atividade antioxidante e atividade biológica. Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento, v. 9, (2), 1-19.

[12] FERRAZ, C., SILVA, R., FONTES, G., & ROCHA-LEÃO, M. H. M. (2014). Modificação Química do Amido Extraído do Resíduo do Processamento Agroindustrial da Manga (Mangifera indica L.) VAR. UBÁ. Blucher Chemical Engineering Proceedings, 1(2), 3389-3395. Food Chem, v. 85, 131-140.

[13] KWEON, D.K.; CHOI, J.K.; KIM. E.K,; LIM, S.T.; (2001).Adsorption of divalent metal ions by succinylated and

oxidized corn starches. Carbohydrate Polymers. v. 46, 171-177.

[14] LEACH, H. W.; McCowen, L. D.; Schoch, T. J.; (1959). Structure of starch granule - I. Swelling and solubility patterns of various starches. Cereal Chemistry, v. 36, p. 534.

[15] MENDES, M. L. M. (2011) Caracterização para fins industrial dos amidos nativo e modificados extraídos de amêndoas de sementes de manga, variedade “Tommy Atkins”. (Tese de Doutorado). Universidade Federal da Paraíba, Brasil.

[16] PEREIRA, D. (2012). Propriedades funcionais do amido da Batata-Doce (Ipomoea batatas L.) nativo e modificado por succinilação. (TCC– Graduação). Faculdade de Educação e Meio Ambiente (FAEMA), Ariquemes, Brasil.

[17] SANTOS, J. R. B. (2013). Estudo de Propriedades Funcionais do Amido da Pupunha (bactris gasipaes kunth) Nativo e Modificado por Succinilação (TCC -Graduação). Faculdade de Educação e Meio Ambiente (FAEMA), Ariquemes, Brasil.

[18] SILVA, S. O. Utilização tecnológica e avaliação antioxidante da pitomba. 2019. TCC (Graduação)- Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), Curso de Gastronomia, Teresina, Brasil.

[19] SONG, X., HE, G., RUAN, H., CHEN, Q. (2006) Preparation and Properties of Octenyl Succinic Anhydride Modified Early Indica Rice Starch. Starch/Stärke. v. 58, 109– 117. YAMAUCHI, R. S.